

A. K. КУРСКЕЕВ¹, A. P. ЖДАНОВИЧ²

СОВРЕМЕННЫЕ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сейсмикалық үдерістердің көністіктік-уақытша заңдылықтары мен олардың ошактық зоналарының қалыптасу механизмдері қарастырылған.

Рассмотрены пространственно-временные закономерности сейсмических процессов и механизмы формирования их очаговых зон.

The spatial-temporary regularities of seismic processes and the formation mechanisms of their focal zones have been considered.

Ежегодно на земном шаре происходит более тысячи сильных ($6,0 \leq M < 8,0$) и десяток разрушительных ($8,0 \leq M$) землетрясений. После каждой сейсмической катастрофы возникает необходимость пересмотра теоретических основ и методов оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений. Основная причина недостаточно высокой эффективности существующей методики оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений – это, прежде всего, отсутствие ясного представления о физической сущности (природы) сейсмических процессов. Возникают принципиальные вопросы.

I. В недрах каких планет и в каких геологических условиях происходят сейсмические процессы?

II. Каковы общие закономерности в формировании очаговых зон сейсмических процессов?

Фундаментальными достижениями современной науки являются установленные факты, свидетельствующие о том, что [1]:

1) сейсмические процессы происходят в недрах планет земного типа (Земля, Луна, Венера, Марс);

2) очаги сейсмических процессов представляют устойчивые структуры в геологической среде, положение которых определяется современными физическими условиями;

3) динамика сейсмических процессов в недрах планет регулируется внешними (космическими) источниками энергии;

4) механизмы процессов накопления и вы свобождения энергии в очаговых зонах для крупных (разрушительных) и небольших сейсмических событий имеют существенные различия.

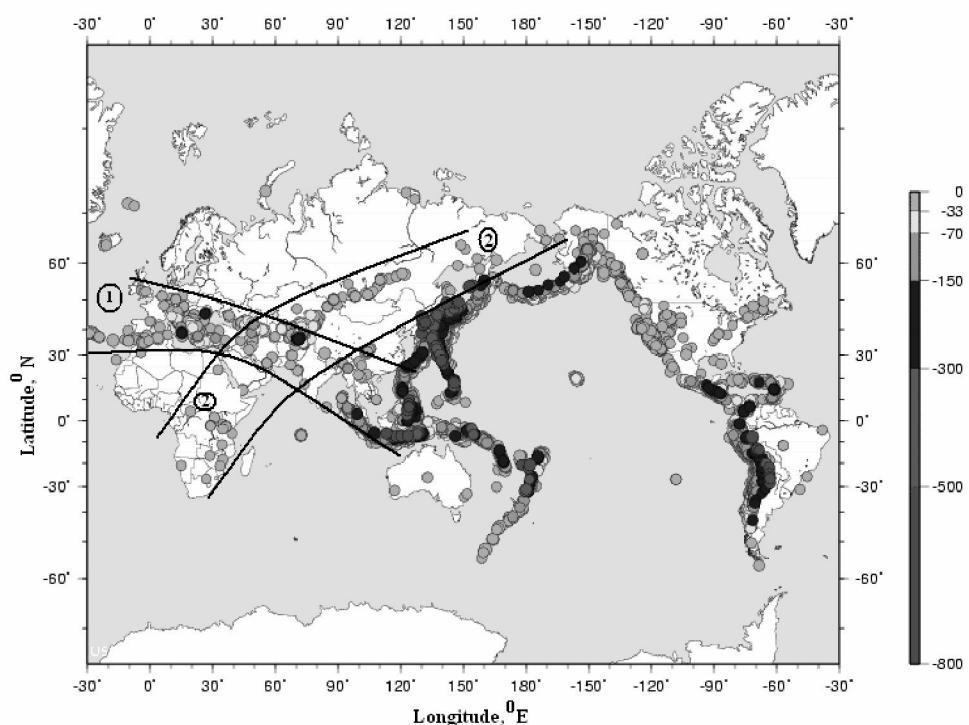
В краткой форме раскроем содержание перечисленных фактов.

1. Основные закономерности в пространственно-временном распределении землетрясений.

Первая закономерность. Планетарные сейсмические пояса приурочены к зонам глобального скальвания [1]. В континентальной части планеты выделено два таких пояса (рис. 1): Балтийско-Индостанский (1-ый) и Африкано-Сибирский (2-ой) [2]. Современная геодинамика и сейсмичность поясов регулируются глобальным полем упругих напряжений ротационной природы.

Вторая. В пределах сейсмических поясов геологическая среда, где формируются очаги сейсмических катастроф, представляет объемные структурные неоднородности, образованные, главным образом, за счет вещества, поступившего из верхней мантии. Пространственно зоны сейсмических процессов

^{1,2}Казахстан. 050060, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 75а, ТОО «Институт сейсмологии», тел. 2694604, 2694605.



Региональные сейсмические пояса: 1 – Балтийско-Индостанский, 2 – Африкано-Сибирский
Рис. 1. Распределение эпицентров на территории Земли (по мировому каталогу)

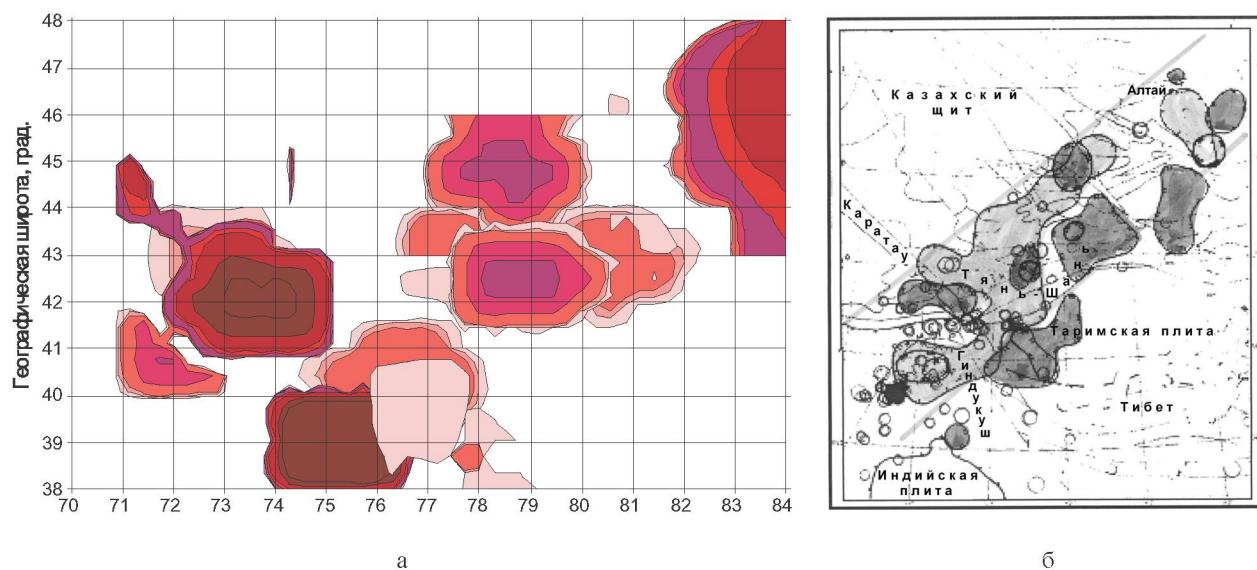


Рис. 2. Контуры распространения сейсмически активных областей [3] (а);
контуры распространения пломб (по Шаиполов В. П. и Тимушу А. В., 2008) (б)

приурочены к местам, где в течение альпийского этапа тектогенеза произошла генерация плюмов из высокотемпературного мантийного вещества (рис. 2).

Третья. Гипоцентры землетрясений локализуются в отдельных слоях и «наложены» на

структурные неоднородности земной коры и верхней мантии (рис. 3) [2-5].

Четвертая. Очаговые зоны землетрясений, как объемные тела, имеют округлые очертания (рис. 4).

В распределении гипоцентров землетрясений, произошедших в северном полушарии Зем-

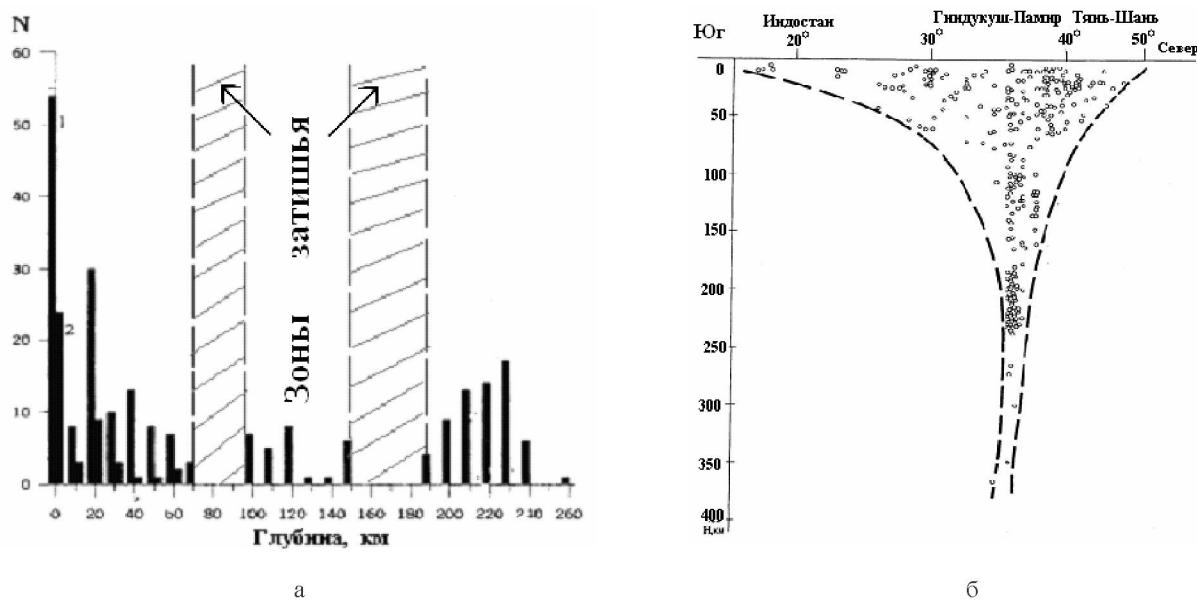


Рис. 3. Пространственное распределение землетрясений [3]: гистограмма землетрясений с $M > 6,0$ за 1900 – 2002 гг. в Гиндукуш-Памире (1) и Тянь-Шане (2); гипоцентры землетрясений (б)

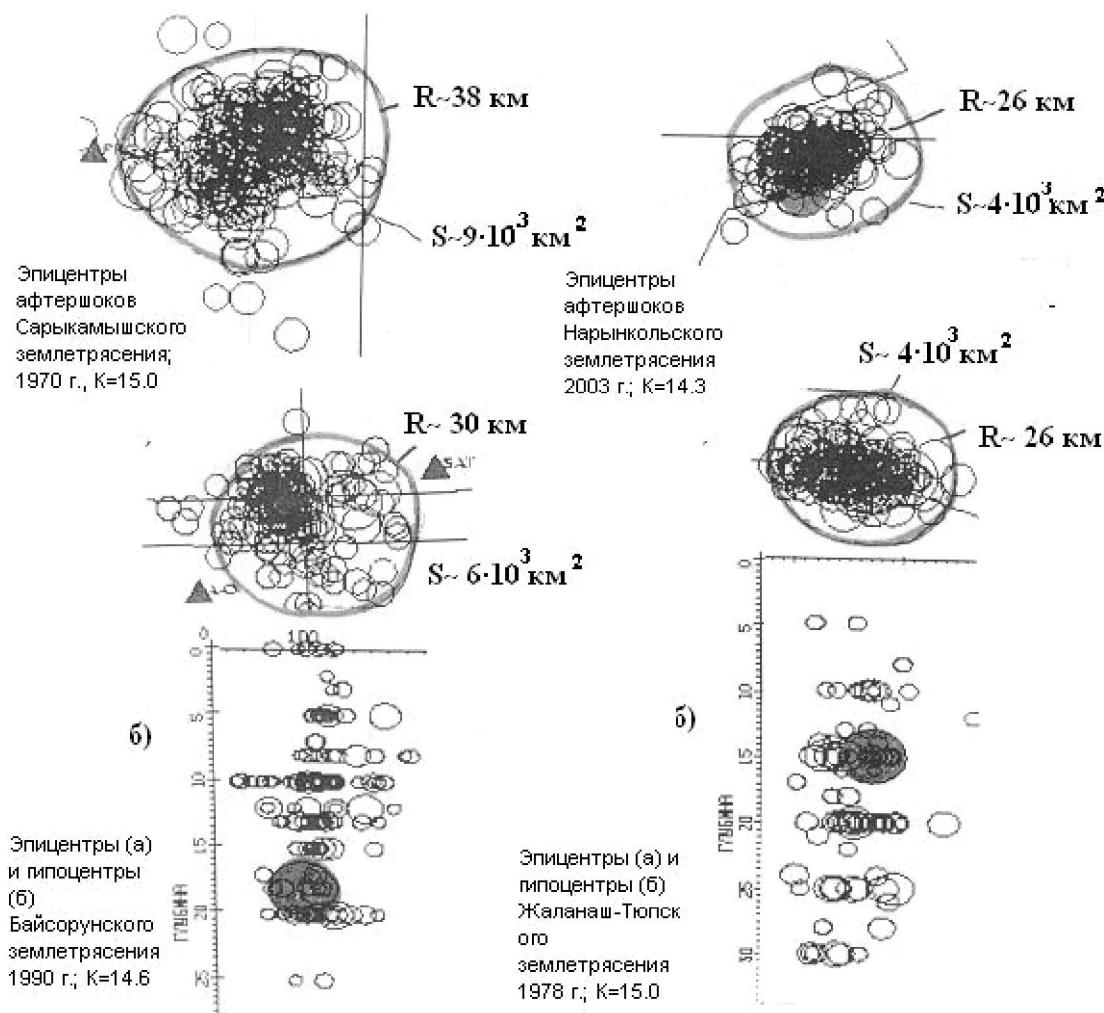


Рис. 4. Формы полей эпицентров некоторых сильных землетрясений и их гипоцентры [4]

Таблица 1. Распределение гипоцентров сильных землетрясений (в % от общего числа)

Магнитуда	Глубина, км		
	< 30	31-50	> 51
8,0 и более	60	25	15
7,1 – 7,9	43	34	23
6,0 – 7,0	45	31	24

Таблица 2. Распределение гипоцентров сильных землетрясений в земной коре

Магнитуда	Глубина, км		Всего
	< 30	31-50	
8,0 и более	79 %	31 %	51
7,1 – 7,9	56 %	44 %	354
6,0 – 7,0	59 %	41 %	3211

Таблица 3. Ритмы в вариациях сейсмических и космических процессов и явлений [2-4]

Наименование	Ритмы
Солнечная активность (число Вольфа)	2 года; 5,5 года; 7,1 года; 11 лет; 22 года; 44 года; 70-90 лет
Ионосферные процессы	11 лет; 22 года; 60 лет
Метеорологические явления	2 года; 3-4 года; 7-8 лет; 9-10 лет; 13-16 лет; 20-24 года; 25-50 лет; 50-100 лет
Приливообразующие силы	1 год; 2 года; 4 года; 18,6 года
Силы гравитационного взаимодействия планет Солнечной системы	9 лет; 23 года; 33 года
Сейсмические процессы	1 год; 2-2,5 года; 3-4 года; 5-6 лет; 10-14 лет; 18,6 года; 22 года; 33 года; 45 лет; 63 года; 100-120 лет

ли в 1900-2009 гг., наблюдаются следующие особенности. Гипоцентры около 85 % разрушительных землетрясений ($M \geq 8,0$) расположены в земной коре (табл. 1), а из них примерно 80 % на глубинах не более 30 км (табл. 2). Около 77 % сильных землетрясений ($6,0 \leq M < 8,0$) происходят в пределах земной коры (см. табл. 1). Из последних около 60 % на глубинах не более 30 км (см. табл. 2).

Пятая. Сейсмические процессы обладают теми же ритмами, которые доминируют в космических процессах (табл. 3). Общими в динамике земных и космических процессов являются синхронность протекания их доминантных ритмов. Комплекс физических явлений, происходящих в космосе, оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на оболочки Земли.

Итак, сильные и разрушительные землетрясения в континентальной части северного полушария Земли происходят в земной коре. Причем в тех ее структурных неоднородностях, которые размещены в зонах (поясах) современного глобального скальвания [1].

2. Физические условия формирования очаговых зон сейсмических процессов на примере Северного Тянь-Шаня (СТШ). Причиной возникновения Северо-Тянь-Шаньской глубинной подвижной зоны является периодическое изменение фигуры Земли и ее радиусов в процессе перемещения в Солнечной и Галактической системах [6]. В современной структуре земной коры СТШ отчетливо проявлены признаки раннеальпийского режима растяжения: внедрение мантийных плюмов, формирование впадин рифтогенного происхождения, соединявшихся в протяженные наложенные зоны субширотного простирания [4]. В позднем мелу – палеоцене – на ранней стадии альпийского цикла – процесс расширения здесь являлся доминирующим. Он сопровождался приращением объема верхней мантии и земной коры за счет подъема высокотемпературных масс (плюмов) из глубинных горизонтов. Результатом расширения глубинного вещества является общее поднятие блоков земной коры, на фоне которого происходят дифференциро-

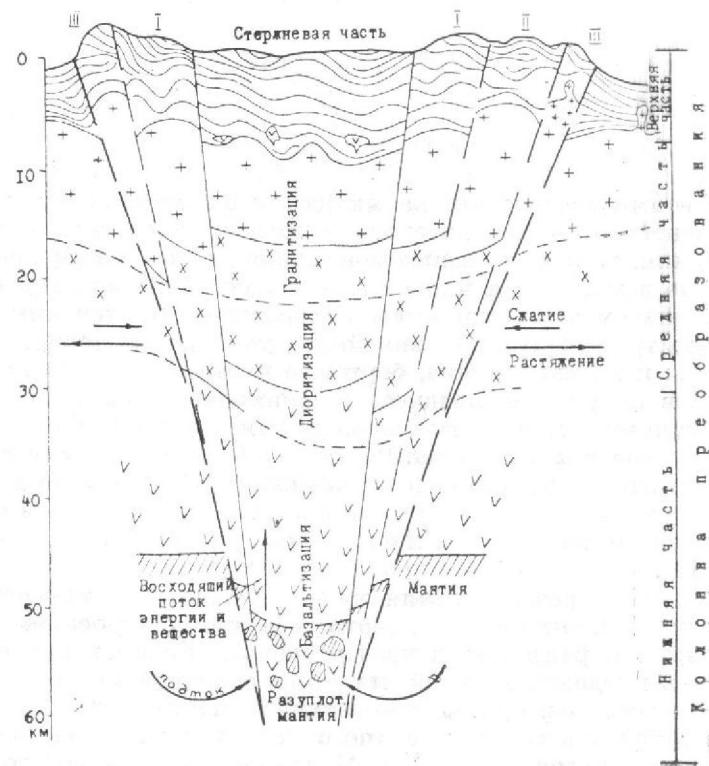


Рис. 5. Схема разрастания геотектоногена [6]

ванные перемещения структурных неоднородностей (рис. 5).

Вновь образованная структура, общей протяженностью более 1000 км и шириной 40-100 км, характеризуется геофизическими особенностями [7].

Первой особенностью земной коры является пониженное гипсометрическое положение ее подошвы. Рельеф перехода «земная кора – мантия» довольно сложный. Раздел М – исторически подвижная граница. Граница Мохоровичича «погрузилась» в верхнюю мантию в течение орогенной стадии (за последние 25-30 млн. лет) на 15-20 км. Скорость приращения основания земной коры снизу составляла 0,5-0,8 мм/год.

Вторая. Пониженные значения сейсмических скоростей V_p и V_s , и повышенные температуры в земной коре. «Опускание» границы М сопровождается «формированием» волновода в основании земной коры на глубинах 30-40 км. В волноводе отношение V_p/V_s близко к 1,80, тогда как для над- и подволноводных слоев оно около 1,70 (коэффициент V_p/V_s зависит, главным образом, от структурной рыхлости вещества). В повышении отношения V_p/V_s и электропроводнос-

ти волновода важную роль сыграли дислокационные процессы. Волноводы с повышенной трещиноватостью и, следовательно, с пониженными теплопроводностями могут способствовать аккумуляции температуры.

Третья. Строения земной коры СТШ является ее дискретность (блоки, слои и т. д.). Слоистость земной коры проявлена чередованием «размягченных» (волновых) слоев со слоями, находящимися в «твёрдом» состоянии (неволноводы) (рис. 6).

Общая мощность коры около 50-60 км. В ней присутствуют (сверху вниз) гранито-гнейсовый, гранулит-базитовый слои, разделенные на глубинах 15-20 км волноводом – слоем с высокой электропроводностью (1000-2000 Sm) и относительно низкими значениями сейсмических скоростей V_s и V_p . В основании земной коры, на глубинах 35-48 км выделен второй волновод (см. рис. 6). Сейсмические границы К и М не являются выдержаными в горизонтальном направлении поверхностями. Граница Конрада «теряет» свою четкость на глубинах 20-25 км, где располагается волновод. Можно предполагать, что в таких местах волноводы разделяют геологические об-

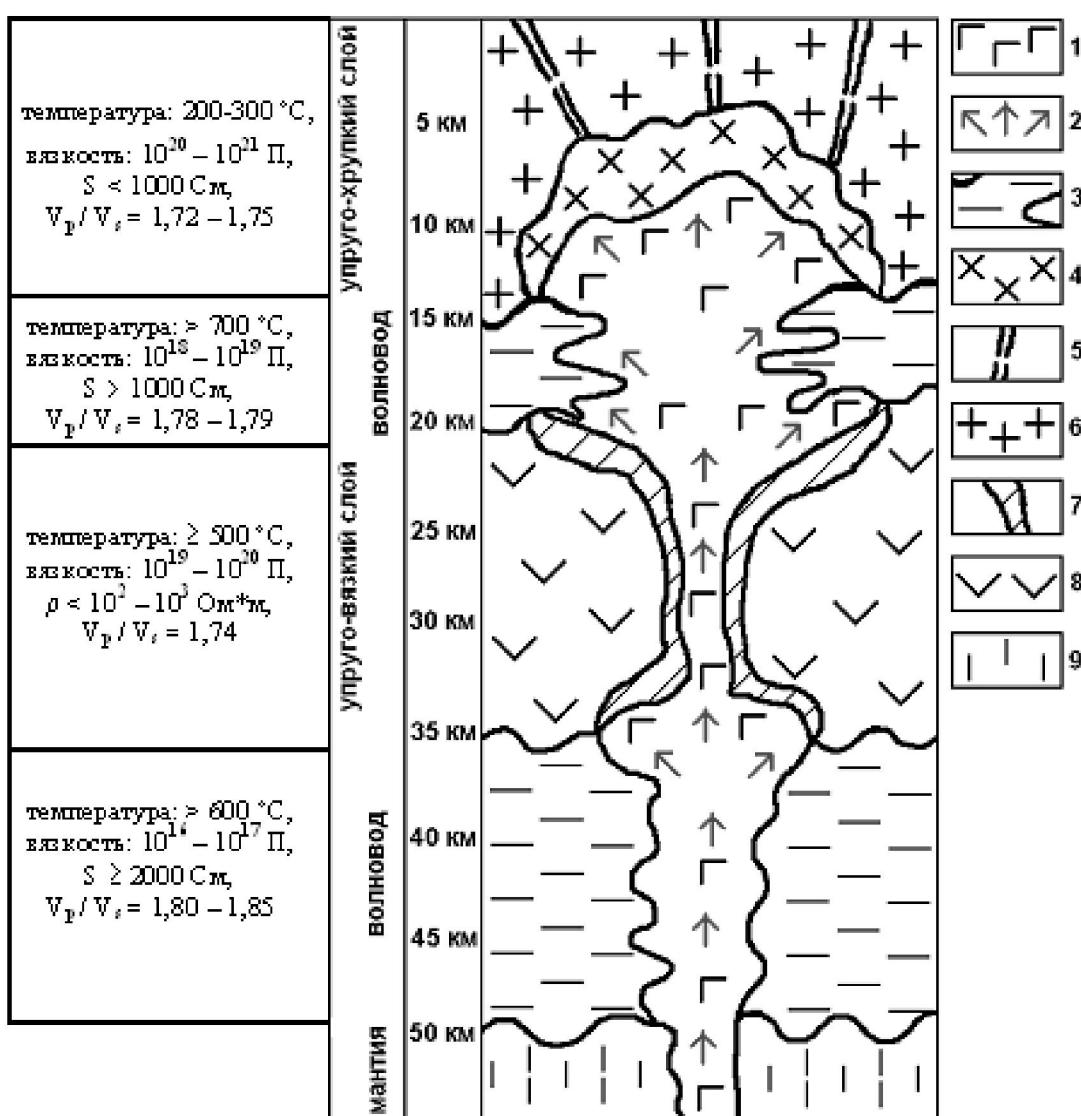


Рис. 6. Схематическая модель реологических неоднородностей земной коры и очаговых зон землетрясений

1 – поднимающееся вверх разогретое вещество (плом); 2 – направления движения вещества по волноводу; 3 – волновод; 4 – зона накопления максимальных напряжений и деформаций среды; 5 – каналы проскальзывания структурных неоднородностей и излучения энергии; 6 – упруго-хрупкий слой; 7 – зона частичной релаксации избыточных напряжений в упруго-вязком слое; 8 – упруго-вязкий слой; 9 – мантия

разования, характеризующиеся различной степенью дислоцированности (главное содержание – перемещение блоков по «родоначальным» разломам вследствие сдвигового течения). Сверху вниз глубина до кровли волноводов изменяется примерно в отношении 1:3. В таких же соотношениях находятся и мощности волноводов.

Четвертой отличительной геофизической особенностью земной коры Северного Тянь-Шаня является дискретность полей напряжений. Дискретность напряжений проявляется как по вертикали, так и латерали. Вблизи земной

поверхности (глубины 5-10 км) величины напряжений, обусловленных весом пород, и величины напряжений, обусловленных температурой в геологической среде, практически равны (рис. 7).

При этом термонапряжения по своим значениям отличаются от гидростатического поля. Величины избыточных напряжений, обусловленных наличием температурных неоднородностей на глубинах 20-30 км достигают 800-1000 кг/см². Избыточные термонапряжения с глубиной возрастают с 0.5 кбар до 7-8 кбар (на глубине 40-50 км).

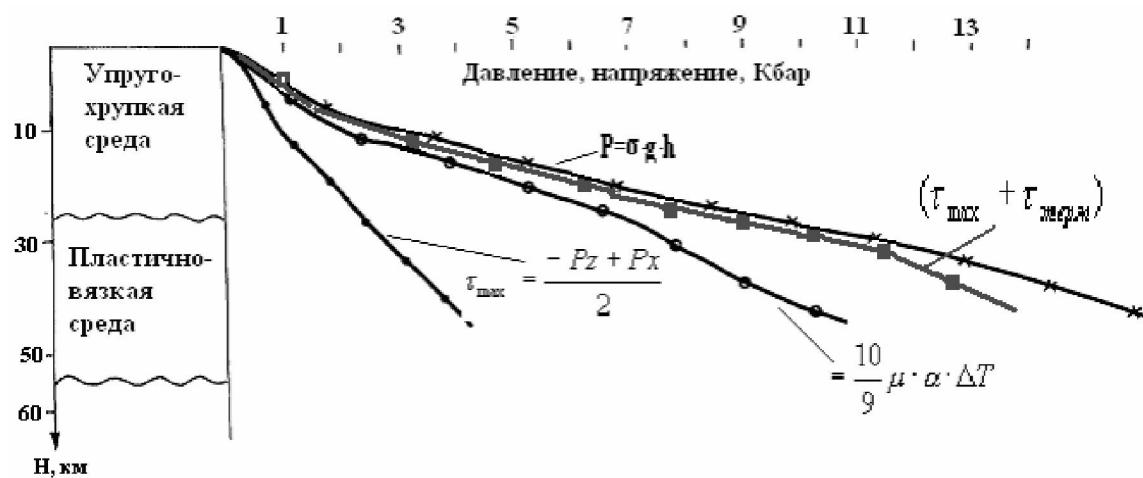


Рис. 7. Распределение давления (Р) и термонапряжения (Рт) в земной коре Северного Тянь-Шаня [3, 4]

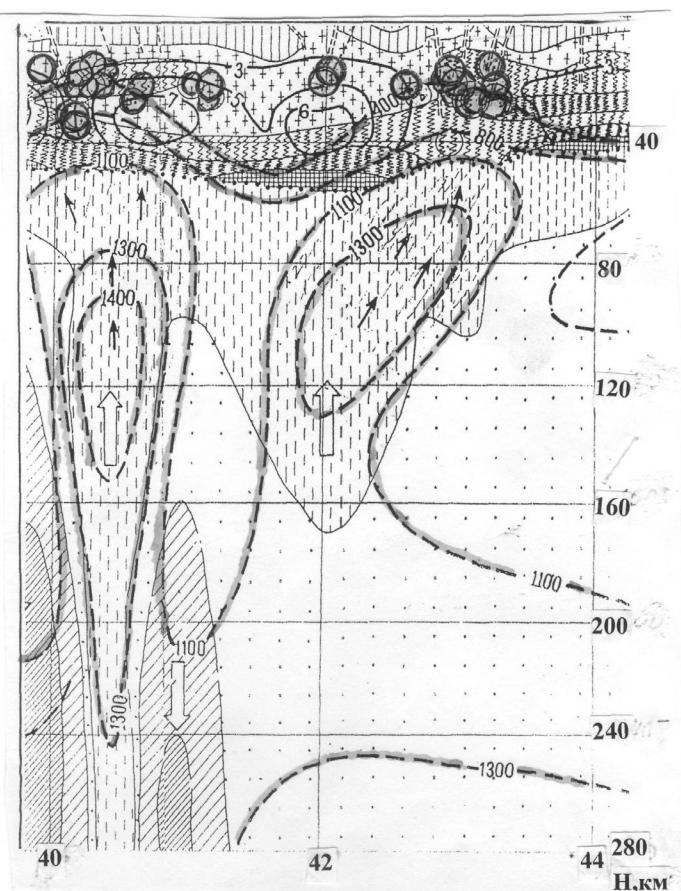


Рис. 8. Геолого-геофизическая модель тектоносферы Тянь-Шаня [4]

Дискретные распределения напряжений в земной коре «обеспечивают» дискретность в пространственном распределении очагов сильных и разрушительных землетрясений. Как видно на рис. 8, они, очаги, сосредоточены в местах

приближения энерговодов к основанию земной коры. На юге – это зона сочленения Таримской плиты с Тяньшаньским горным сооружением, а на севере – зона сочленения Северного Тянь-Шаня с Илийской впадиной, которая проявлена в

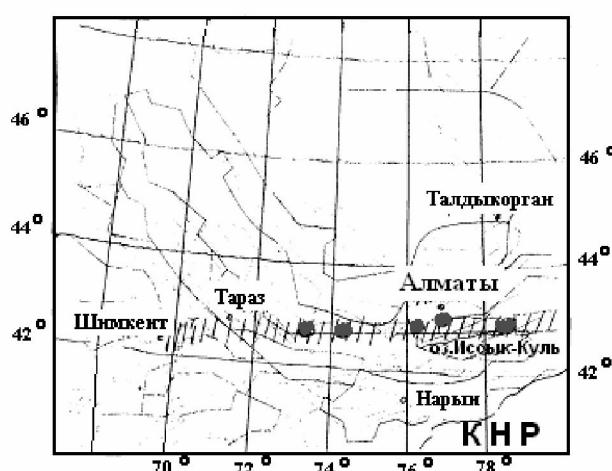


Рис. 9. Схема Северотяньшаньской зоны разрывных нарушений (заштрихована) и очагов сильнейших землетрясений [7]

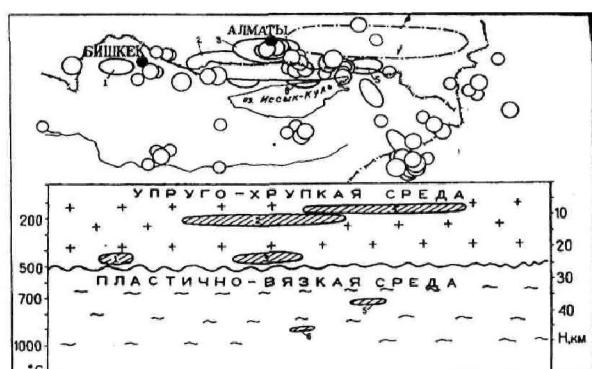


Рис. 10. Схема размещения очагов сильных землетрясений в плане (а) и модели их очаговых зон (б) [3]

виде Северотяньшаньской зоны разрывных нарушений (рис. 9).

В Казахстанской части СТШ очаги разрушительных землетрясений тяготеют к Северотяньшаньской зоне разрывных нарушений (см. рис. 9).

Земная кора характеризуется повышенным тепловым полем ($60\text{--}80 \text{ мВт}/\text{м}^2$). Температура колеблется от $800\text{--}1000^\circ\text{C}$ (основание земной коры) до $200\text{--}300^\circ\text{C}$ (глубины 10–15 км). Температура изменяется не только в вертикальном (вертикальные градиенты до $30^\circ\text{C}/\text{км}$), но и в горизонтальном направлении (градиенты до $10^\circ\text{C}/\text{км}$). Для прилегающих к СТШ зоне величины температуры в земной коре на $400\text{--}500^\circ\text{C}$ ниже. Отсюда возникает предположение, что нарушение сплошности земной коры первично, а прогрэвы «локальных» участков вторичны.

Высокотемпературные массы (плюмы) несут в себе «сгусток» энергии. Динамичный термобарический режим способствует развитию миграционно-диффузационного процесса, т.е. изменению состава. Под воздействием высокой тепловой энергии в основании земной коры происходят различные геологические процессы (образование флюидов, метаморфические процессы, полиморфные и фазовые переходы). В окрестности «мантийных» и «коровых» каналов и покрывающих их толщах по мере повышения температуры происходят вытеснения парагенезиса оливин + пироксен + гранат парагенезисом плагиоклаз + амфибол (\pm пироксен). Дислокационный процесс, в сущности, дегидратационный. В присутствии паров воды температура плавления снижается на несколько сот градусов.

Время переминерализации зерен в зонах формирования тепловых ловушек, определяемая как $\tau = l^2 D^{-1}$ (l – характерная длина диффузационного пути в зернах, D – коэффициент диффузии), составляет 10–100 лет. Для сравнения укажем, что время переминерализации зерен горных пород в сейсмически спокойных зонах (в щитах платформ) порядка 10–100 млн. лет [2]. На территориях сейсмопоясов широко развиты активные (живые) разломы. Среди них имеются зоны разрывов весьма глубокого заложения («родоначальные» разломы). Такие разломы могут служить не только «рельсами», по которым перемещаются блоки, но и флюидоподводящими каналами. При дегазации земных недр по этим разломам в верхние горизонты литосферы поступают флюидные потоки, струи.

Не менее важную роль в процессе вещественного преобразования пород в литосфере, по-видимому, играют флюиды. Носителями тепла в «фильтрационной модели» или «модели флюидного дыхания» Земли выступают интрателлурические (сквозьмагматические) растворы, потоки водорода и флюиды с преимущественно водородным составом. Глубинные флюиды обладают первично щелочными и резко восстановительными свойствами. По мере просачивания этих флюидов в верхнюю мантию и ЗК осуществляются реакции окисления, сопровождающиеся выделением тепловой энергии и образованием окисленных форм газовых компонентов. Именно с этим связаны тепловые аномалии при глубинном метаморфизме.

В результате в ЗК формируются слои с пониженными значениями плотности, скорости распространения упругих волн и электрического сопротивления. Ими создаются «дополнительные» напряжения: (флюиды – до 4-6 кбар; полиморфные и фазовые переходы – до 60 бар). Геологические процессы сопровождаются изменением объема пород (при: дегидратации – 30-50%; частичном плавлении минералов – 15-20%). При этих процессах создаются локальные избыточные давления (сверхдавления) до 3-37 кбар. Иными словами, величины избыточных сил достаточны для того, чтобы, с одной стороны, создать аномальное напряженное состояние в земной коре, и с другой – привести к вертикальному (горизонтальному) перемещению залегающих в верхней части земной коры структурных неоднородностей. Увеличение объема будет сопровождаться движением блоков по разломам, пластов по границам напластования и т. д. Подобная ситуация будет продолжаться до тех пор, пока в земной коре протекают структурно-вещественные преобразования.

Пятой особенностью является то, что в современную эпоху земная кора СТШ так же, как и пояса, характеризуется высокой сейсмичностью. Северотяньшаньская зона, возникновение которой связано с изменением ротационного режима Земли, расположена на пересечении региональных Балтийско-Индостанского и Африкано-Сибирского сейсмических поясов (см. рис. 1).

В глубинном распределении гипоцентров в земной коре СТШ наблюдается следующее (см. рис. 6).

- Гипоцентры землетрясений с $M < 4-5$ размещены в верхней части земной коры (глубины 0-10 км) и приурочены к зонам проскальзывания структурных неоднородностей.

- Гипоцентры землетрясений с $M < 7.5$ локализованы в интервале глубин 15-30 км. Работают, в основном, зоны частичной релаксации избыточных напряжений.

- Около 60 % землетрясений с $M \geq 8.0$ и более сосредоточены на глубинах не более 20-25 км. Они формируются в зонах накопления максимальных напряжений и деформаций среды.

Произошедшие в районе в XX веке сильные и разрушительные землетрясения характеризуются существенным различием геофизических условий в очаговых зонах.

Такие сильные землетрясения, как Жаланаш-Тюпское ($M=6.7$), Байсорунское ($M=6.3$), Пржевальское ($M=6.8$), Суусамырское ($M=7.3$) имели объемы порядка $10^{17} - 10^{19}$ см³. Температура в очаговых зонах превышала 600-700 °C. Вязкость пород в очаговых зонах была порядка $10^{17}-10^{18}$ П. Эти данные свидетельствуют о том, что разрядка напряжений происходила в упруго-пластичной, упруго-вязкой среде.

Среди разрушительных землетрясений, произошедших на территории Тянь-Шаня наиболее детальная информация, имеется по Верненскому землетрясению [8]. Центр удара (основного толчка) был вертикальным и одновременным, форма плейстосейстовой области представляет неправильный эллипс. Длинная ось простирается согласно с простирациями горных складок на 100 верст (107 км), а поперечная на 50-60 верст (55-64 км). Площадь наибольшего разрушения не менее 10 кв. миль ($\sim 7 \cdot 10^{13}$ см²). По данным И.В. Мушкетова, центр удара находился на глубине 10 верст (~16 км), а температура была около 200 °C. И. В. Мушкетов считает, что Верненское землетрясение обусловлено перемещением части земной коры, т.е. со складчатостью, сбросами и сдвигами, происходящими до сих пор в разных местах [8, с. 135]. По мнению И. В. Мушкетова, сильные сотрясения поверхности вызываются моментальным образованием новых трещин (чаще всего наблюдаются разрывы сплошности в складчатых породах или по трещинам сбросов и сдвигов).

Всего в XIX и XX веках на территории Северного Тянь-Шаня произошли три разрушительных землетрясения (табл. 4). Объемы очагов разрушительных землетрясений превышали $10^{23}-10^{24}$ см³, а температура в очагах была не более 250-300 °C. Вязкость среды в очагах была порядка $10^{19}-10^{20}$ П. Объемы сильных землетрясений на несколько порядков меньше таковых разрушительных землетрясений, например, объем Байсорунского землетрясения с $M = 6,3$ на 4-5 порядков меньше объемов Чилинского и Кеминского землетрясений. Судя по величинам вязкостей ($\eta = 10^{19}$ П) очаги разрушительных землетрясений формировались в упруго-хрупкой среде (см. табл. 4). Подчеркнем, что все эти землетрясения произошли в земной коре Северного Тянь-Шаня, которая как бы «висит» над «аномальной мантией» (над плутами). Температура

Таблица 4. Физические характеристики очаговых зон землетрясений

Физические характеристики	Верненское; M=7,3; 8.VI.1887 г.	Чиликское; M=8,3; 11.VII.1889 г.	Кеминское; M=8,2; 3.I.1911 г.
Сейсмическая энергия, E, эрг	4,3 10^{23}	6,0 10^{24}	4,7 10^{24}
Объем очага, V, см ³	1,6 10^{21}	1,8 10^{23}	1,4 10^{23}
Температура в очаге, T, °C	250	220	240
Модуль сдвига, дин/см ²	$3,8 \cdot 10^{11}$	$5,6 \cdot 10^{11}$	$5,4 \cdot 10^{11}$
Вязкость, Η, П	10^{18}	10^{19}	10^{19}

этих масс на границе Мохоровичича (M) и ниже достигает 1000–1300° С [7].

Очаговые зоны разрушительных землетрясений, имея форму эллипсоида (круга), «наложены» на структурные комплексы, ярусы, этажи. Можно оценить порядок изменения потенциальной энергии такой зоны, «перспективной» для формирования очагов разрушительных землетрясений под воздействием теплового поля. В качестве модели примем объем очага Чиликского землетрясения. Он имеет порядок $2 \cdot 10^{23}$ см³ (см. табл. 4). Предположим, что до формирования очага объем зоны был равен объему Чиликского землетрясения. Форму очага примем шарообразной. Потенциальная энергия, по [9], вычисляется как:

$$U = \frac{3}{5} G \frac{M^2}{R^2},$$

где U – потенциальная энергия; G – гравитационная постоянная ($6,67 \cdot 10^{-8}$ дин·см²/г²); M – масса ($M=p \cdot V$; p – плотность $p=2,75$ г/см³; V – объем); R – радиус, глубина гипоцентра 15 км (глубина $\sim R$).

При выбранных параметрах потенциальная энергия такого шара была бы порядка $U \sim 6,5 \cdot 10^{33}$ Эрг.

Физическое тело, с такой потенциальной энергией, «подвергается» воздействию теплового потока. Из-за изменения температуры внутренняя энергия (E) его изменится [10]:

$$\Delta E = Vp(C_p \cdot \Delta T + \Delta H_m),$$

где V и p – объем и плотность; C_p – теплоемкость; T – температура; H_m – удельная теплота.

Получим модельные параметры очага:

$$V = 1,8 \cdot 10^{23} \text{ см}^3, p = 2,75 \text{ г/см}^3; C_p = 1,05 \cdot 10^7 \frac{\text{Эрг}}{\text{г} \cdot ^\circ\text{C}},$$

$\Delta H_m = 366 \cdot 10^7 \frac{\text{Эрг}}{\text{г}}$; $\Delta T \sim 250$ °C. При этих цифрах величина $\Delta E \sim 3,1 \cdot 10^{33}$ Эрг. Суммарная потенциаль-

ная энергия рассматриваемого тела увеличится до 10^{34} Эрг, т.е. она на 10 порядков превышает энергию разрушительного Чиликского землетрясения.

Ареной зарождения и развития процессов, обусловливающих высокую современную тектоническую и сейсмическую активность, считаются зоны накопления избыточной потенциальной энергии (см. рис. 6, 9). Именно в этих зонах и вблизи них происходят процессы структурно-вещественного преобразования геологических неоднородностей. В зонах со значительно возросшим градиентом температуры (зоны метаморфизующихся толщ) возникают сверхвысокие давления («эффект автоклава», «эффект цоколя»). Взаимодействие ЗК и дислокационных зон в ней проявляется в виде «возмущений», приводящих к поднятию блоков или других структурных элементов вверх. «Всплытие» и перемещение структурных элементов ЗК – основа тектонических движений и современных сейсмических процессов. В земной коре Тянь-Шаня дислокационные зоны размещены в местах приближения к ее основанию высокотемпературных масс. В этих зонах в прошлом возникали разрушительные землетрясения.

Размеры областей активизации сейсмических процессов колеблются в широком диапазоне (рис. 10). Длинные оси областей, имеющих форму эллипса, достигают 550 км. Более 79% из них имеют длину около 330 км. Короткие диаметры изменяются от 100 до 240 км. Более 80% из них имеют длину около 160 км. Объемы очагов землетрясений с магнитудой более 7.0 достигают 10^{23} см³. Вязкость среды не превышает $10^{18} - 10^{19}$ П. Величины сброшенных напряжений при землетрясениях колеблются от 0.1 до 100 бар.

Выводы

Геологическая среда и ее современное физическое состояние, в т. ч. очаговая зона, должны рассматриваться как динамическая система, развивающаяся в пространстве и во времени.

Очаг – не разлом, не поверхность. Очаг землетрясения – трехмерное геологическое тело, где накапливается потенциальная энергия. Очаговая зона – «структура разобщения и разрушения» неоднородностей земной коры, способствующая восстановлению динамического равновесия, нарушенного вследствие внутриземных процессов.

Основным силовым фактором эндогенной природы, обуславливающим избыточные напряжения в земной коре Северного Тянь-Шаня, является тепловое поле. Максимальная концентрация очагов сильных и разрушительных землетрясений наблюдается вблизи контактов структурных неоднородностей с контрастными реологическими свойствами и на участках резкого изменения геометрии волноводов (зон структурно-вещественного преобразования). Накопление и разрядка потенциальной энергии в тепловых ловушках, разрядка которой сопровождается разрушительными землетрясениями, регулируется космическими источниками энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курскеев А. К. Силы гравитационного взаимодействия планет Солнечной системы как основа динамики природных процессов // Известия НАН РК. Серия геологическая. 2009. № 4. С. 43-50.
2. Курскеев А. К. Проблемы прогнозирования землетрясений. Алма-Ата, 1990. 264 с.
3. Курскеев А. К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы: Эверо, 2004. 504 с.
4. Сейсмическая опасность орогенов Казахстана / Курскеев А. К., Белослудцев О. М., Жданович А. Р., Серазетдинова Б. З., Степанов Б. С., Узбеков Н. Б. Алматы: Эверо, 2006. 294 с.
5. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). М.: Научный мир, 2005. 400 с.
6. Щерба Г. Н. Геотектоногены и рудные пояса. Алма-Ата: Наука КазССР, 1970. – 184 с.
7. Сейсмическое районирование Республики Казахстан / Курскеев А. К., Тимуш А. В., Шапилов В. И., Сыдыков А., Горбунов П. Н., Садыкова А. Б. Алматы, 2000. 220 с.
8. Мушкиров И. В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. // Тр. Геолкома. СПб, 1890. Т. 10. № 1. 140 с.
9. Ферронский В. И., Ферронский С. В. Динамика Земли. Теория движения планеты на основах динамического равновесия. М.: Научный мир, 2007. 324 с.
10. Иодер Х. Образование базальтовой магмы. М.: Мир, 1979. 238 с.